氣候變遷對農作物生產之影響
第6章　災害性天氣與氣候對臺灣地區農作物
生產的影響及因應策略 87-108, 1998

第六章　災害性天氣與氣候對臺灣地區農作物生產影響及因應策略

盧虎生　朱　鈞
國立臺灣大學農藝學系
王慶裕　朱德民
國立中興大學農藝學系

摘要……………………………………………………………… 88
壹、前言……………………………………………………………… 88
貳、旱害與水害……………………………………………………… 89
參、風害……………………………………………………………… 92
肆、溫度災害………………………………………………………… 97
伍、因應策略………………………………………………………… 100
陸、結語……………………………………………………………… 106
柒、引用文獻………………………………………………………… 106
英文摘要……………………………………………………………… 108

第六章　災害性天氣與氣候對臺灣地區農作物生產的影響及因應策略

盧虎生　朱　鈞
國立臺灣大學農藝學系
王慶裕　朱德民
國立中興大學農藝學系

摘　要

本省因地形與位置之關係，常易遭受各種氣象災害的侵襲，其中以颱風所帶來之災害最大，其次是水害、旱害及寒害。各種災害均帶給農作物極大之損失，其危害程度視氣象災害種類、發生頻度、時節、地區以及作物種類而異。事前的預防與災害補救措施，過去多年來政府均積極推行。面對未來災害之發生，加強研究、規劃作物安全栽培期及區域，建立有效的預警防範系統，以及有效的災害補救措施實為今後努力的目標。

關鍵詞：水害、旱害、颱風、低溫傷害、高溫傷害、預防策略。

壹、前　言

全球氣候變遷中，「氣候的暖化」最為廣受人們重視，但是這種「氣候變異性」所導致之災害性天氣頻頻發生，使人們受到更多的衝擊。此種災害性天氣會在短時間內，危害人們的生命財產，對整個社會造成相當的危害；不僅如此，對農業上也造成無法彌補的損失。一般而言，災害性天氣與氣候對農作物、耕地、農業設施造成之傷害或損失，稱之為「農業氣象災害」。農業氣象災害按例是依氣象因素來分類，但由於各種氣象因素之變化彼此亦有相關，因此很難明確地區分。本報告係根據致害之主要氣象因素，將農業氣象災害分為下列三類：

(1)溫度變化所造成的災害：包括低溫寒害、高溫熱害及冰雹。
(2)降水量變化所造成的災害：旱害與水害。
(3)由於風的影響所造成災害：颱風、季節風及焚風等所造成之風害。

臺灣位於大陸與海洋交接地帶，高溫多濕為氣候的主要特徵，加上地形複雜，中央山脈由北向南橫亙排列，冬季易形成東北型季風，春夏之交受滯留鋒徘徊影響，連續下雨，易造成梅雨型天氣；夏季常受颱風不定期侵襲，因此每年農業氣象災害頻傳，災害相當多。表一為臺灣過去十年常見的農業氣象災害，其包括災害相當多，有水害、風害、旱害、寒害、冰雹等，每年平均損失幾近五十五億元，其中颱風所帶來的災害最大，佔整體的損失77%左右，其次水害約15%，再次為旱害約4.6%，寒害2.7%，風害約0.5%，其他災害損失較小(臺灣農業年報，1997)。

表一　1987年至1996年臺灣地區自然農業災害估計損失價值(單位：新台幣仟元)

年度	水害	風害	颱風	旱害	寒害	冰雹	焚風	其他	總計
76	632,562	82,438	3,367,004	-	-	-	-	11,029	4,093,033
77	2,222,874	-	522,057	-	-	-	-	-	2,744,931
78	267,450	193,691	4,533,692	-	-	-	-	7,560	5,002,383
79	1,474,013	-	4,951,618	-	-	-	-	-	6,425,631
80	1,371,207	-	1,687,983	1,819,220	140,582	-	-	-	5,018,992
81	614,586	-	2,497,600	-	-	195,432	-	-	3,307,618
82	950,460	-	-	80,442	228,042	-	-	-	1,258,944
83	293,990	-	7,970,622	-	-	-	25,260	3,846	8,293,628
84	30,111	-	814,533	-	1,125,489	-	40,578	81,360	2,092,077
85	152,167	-	15,793,359	603,464	-	-	-	51,323	16,600,313
合計	8,001,420	276,119	42,138,468	2,503,126	1,494,113	195,432	65,838	136,535	54,837,550
百分率(%)	14.6	0.50	76.8	4.56	2.72	0.35	0.12	0.24	

(臺灣農業年報，1997)

貳、旱害與水害

隨著大氣中二氧化碳逐年增加使地球之溫室效應日益嚴重，溫室效應之影響包括提高地球溫度、溶解南北極冰山、提高海平面高度及改變氣候形態，使得旱害、水害情況更加明顯。旱害與水害是本省農業災害損失中僅次於颱風之第二嚴重災害，分別約佔整體損失之5%與15%左右（表一）。所謂旱害與水害係指因降雨量變化，引起作物生長環境缺水或水分過多，導致作物生長受阻、產量銳減等嚴重傷害。在缺乏灌溉系統之農田，由於長期乾旱乏雨導致農作物枯萎脫水或死亡，稱為旱害。因颱風豪雨、連續性降雨或融雪導致發生洪水、淹水或積水，使農作物耕地或農田設施埋沒沖毀，稱為水害。根據臺灣農業年報(1997)指出，1996年本省之三月及七月旱害被害面積達9,300公頃，估計損失達6億元。而四、五月份豪雨及十一月霪雨，以及八、九、十一月颱風帶來之水害被害面積達　228,603公頃，估計損失新台幣約150億元。由此可見臺灣地形特殊，一年之內不但發生水害亦發生旱害，而且其發生的頻度相當高。

一、旱害

(一)旱害發生之次數、時節與區域

臺灣多雨，一般平原地區年降雨量超過1,500 mm，山地則可達4,000 mm，理論上不會乾旱缺水，但由於下列原因使週年雨量分配不均，亦可能造成旱害的發生：

1. 因地形與季風影響，造成西南部平原地區年雨量分布不平均而有明顯乾季。臺灣地區冬季東北季風盛行，登陸後與中央山脈接觸上升而冷卻成雨，造成東北部之雨季；但氣流越過山脈後，水氣減少使西南部地區發生乾季。
2. 於二、三月間，亞洲地區之移動性高氣壓路徑偏南，抵達臺灣上空之空氣較為乾燥，造成春季旱害。
3. 在五、六月間，臺灣東方廣大海洋之溫度上升，常造成太平洋副熱帶高氣壓提早發展而西伸，壓制臺灣附近海域低氣壓之發展，使梅雨減少。
4. 秋季颱風若在東經126度以東即轉北，則臺灣盛行西北氣流，可能使二期水稻在抽穗至成熟期間發生缺水旱害。

通常上述原因同時有兩項發生時，旱害時間較長也較嚴重。雖然乾旱易使作物產生旱害，但在灌溉水源充足及灌溉系統良好之地區，發生短暫乾旱時仍可藉由抽取地下水或其他灌溉措施補救。然而缺乏灌溉之看天田，短期乾旱情況下即足以造成旱害。農作物對於乾旱之耐性依作物種類、生育時期而異，例如水稻較旱作高粱、玉米等需水較多，其耐旱性亦較差。水稻在成熟初期尤其容易遭受旱害。

根據1966-1979年臺灣各地旱害資料顯示，農作物發生旱害以五月份最多。歷年發生九次旱災中，五月份發生次數佔55.5%，以西南部平原較多；主要原因是西南部平原冬季有長達4-5月之乾季，若五月再持續乾旱則農作物易生旱害。根據1996年臺灣農業氣象災害資料顯示，本省旱害多集中在三月及七月份。近年來由於灌溉系統建立及多功能水庫興建，使得旱害發生次數逐年降低。一般以缺乏灌溉設施之沿海田地、山坡地及東部沿海田地較多。

(二)旱害對農作物造成之損害

臺灣地區發生旱害時受害作物以甘藷、落花生、水稻較多(郭，1980)。於1993年11-12月，台中縣新社鄉久旱不雨，由於缺乏灌溉致使採種高粱缺株、植株矮小、穗短小、病蟲害猖獗，而嚴重減產38.5%。當發生旱害時，茶樹生長停止形成駐芽，隨旱害程度加重頂部葉片開始黃化，出現焦斑而全葉枯死，或整葉直接褐化枯死。尤其以青心烏龍品種受害最嚴重。研究者建議新植茶園應先深耕，植後應加強灌溉設施及土壤覆蓋(敷蓋)管理，減輕旱害。由於不同的灌溉系統、土壤特性、作物生長時期及作物種類不同而造成不同程度的旱害。

臺灣地區主要之農作物旱害頻度分布，根據臺灣省農林廳整理之資料(臺灣農業年報，1997)顯示，1996年臺灣地區農作物主要遭遇之旱害分別在三月及七月。茲分別就相關作物整理成表二，從表二可知發生旱害損失之農作物主要是水稻、玉米、花生、甘藷及茶等農藝作物，以及蔬菜、果樹等園藝作物。發生旱害主要以台東縣、花蓮縣及宜蘭縣為主。雖然僅台東縣有較詳細之查報損失數量，但從作物受害面積來看花蓮縣、台東縣及宜蘭縣分別約佔5,800、2,000及1,300公頃，以花蓮縣遭受旱害之農作物栽培面積較大。

二、水害

(一)水害發生之次數、時節與區域

本省豪雨或連續性降雨對農作物造成之災害損失僅次於颱風害。本省山坡地較多、坡度較陡，栽培之甘藷、落花生遭遇豪雨時，常被洪水沖失或土石埋沒。城市附近之田地由於房舍建築影響排水，一遇豪雨容易積水，使水稻、大豆等作物發生水害。但在水害中通常以梅雨季之連續降雨，對本省農作物造成之損失最為嚴重(郭，1980)。從過去1991-1993臺灣地區降雨資料分析，可知冬季(11、12月及1月)降雨受東北季風影響很大，降雨主要分布在東北部。3、4月降水，尤其是春雨，多分布在西北部地區。5、6月梅雨季偏西南部地區，且大雨多在平原地區。7、8月時因西南季風及颱風，東部及西南部地區降水增多且多分布在山區。秋季(9、10月)降水受颱風路徑影響，故降水多分布在東半部地區。

臺灣地區之降水類型依吳等(1978)及周(1964)(參考郭，1980)報告分為五種，分述如下。其單獨一種或兩種以上均可造成豪雨或連續性降雨，而對本省之農作物造成災害。

1.東北季風雨：

自九月下旬，大陸高氣壓增強，冷氣團經海面吸收水氣到達臺灣東北恰為迎風面，因此東北季風遇山攀升造成基隆南方山地大屯山一帶及宜蘭西南山坡之霪雨，使蘭陽平原二期水稻倒伏發芽。

2.鋒面雨：

自大陸東移之溫帶氣旋，其鋒面系統所經地區往往均可降雨，此類降雨除夏季外各季均可發生，雨日不多但雨量大。徐

表二　民國85年(1996)臺灣地區主要農作物旱害損失摘要

被害作物	旱害月份	發生縣市	被害面積(公頃)	損失數量(公斤)
水稻	七月	花蓮縣	80	118,667
飼料用玉米	七月	台東縣	6	-
	七月	花蓮縣	962	-
食用玉米	七月	台東縣	15	31,400
	七月	花蓮縣	26	-
落花生	七月	花蓮縣	361	-
甘藷	七月	台東縣	15	55,205
茶	七月	宜蘭縣	246	-
	七月	台東縣	190	51,129
	七月	花蓮縣	202	-
原料甘蔗	七月	花蓮縣	1000	-
竹筍	七月	宜蘭縣	50	-
西瓜	七月	花蓮縣	315	-
蔬菜	七月	台東縣	65	307,462
	七月	花蓮縣	360	-
鳳梨	七月	宜蘭縣	2	-
	七月	台東縣	30	384,273
	七月	花蓮縣	50	-
柑桔	七月	宜蘭縣	385	-
	七月	花蓮縣	186	-
柚	七月	宜蘭縣	314	-
	七月	台東縣	311	744,310
	七月	花蓮縣1	,381	-
檳榔	七月	宜蘭縣	67	-
	七月	花蓮縣	761	-
木瓜	七月	台東縣	12	82,200
	七月	花蓮縣	110	-
蓮霧	七月	宜蘭縣	216	-
枇杷	三月	台東縣	35	71,940
梅	三月	台東縣	655	1,029,196
梨	三月	台東縣	26	87,500
	七月	宜蘭縣	8	-
番荔枝	七月	台東縣	679	1,377,000
其他青果	七月	台東縣	26	9,144

(臺灣農業年報，1997)

等(參考郭，1980)認為梅雨期之降雨形式是半屬於鋒面雨(春雨型)，半屬於對流性雨(夏雨型)。

3.西南氣流引起之熱雷雨：

本省夏季盛行之西南或東南季風，地面因受強烈日照使得高溫多溼之熱帶海洋氣團旺盛對流，導致全省發生熱雷雨。通常以西南部地區較頻繁，降雨強度大，造成低窪地區之水稻等作物受損。

4.颱風雨：

每年五月至十一月為臺灣之颱風季，尤其以七、八、九月最盛，颱風時帶來充沛雨

量亦造成豪雨危害作物。

5.熱帶性低壓雨：

此類降雨與颱風類似，唯其環流範圍較小，渦旋強度不及颱風。

綜合歷年本省各地農作遭受水害情形可知，本省春季三、四月之鋒面雨常使台北低窪地區之水稻、蔬菜受災。五、六月間之梅雨造成之災害區域較大，通常包括東南部地區，約持續3-5日。如梅雨鋒面滯留時間較長則受害區域隨之擴大。由於梅雨期間所造成之雨害機率很大、損失亦多，為本省農作物雨害最嚴重之時期。夏季(七、八月)除了颱風之豪雨造成災害外，熱雷雨對農作物造成水害之機會很少，受害地區以屏東較多。九月起東北季風增強，東北部及北部降雨增加，通常霪雨日數如持續四日，日平均降雨達28mm左右，可使蘭陽平原二期水稻及蔬菜等受災。

(二)水害對農作物造成之損害

臺灣主要農作物之水害情形大致綜合如下：

1. 水稻：水害發生主因除了受降雨量直接影響外，亦與稻田排水及生育時期有密切關係。低地或排水不良時易發生積水，抽穗期霪雨則影響授粉，成熟期豪雨則發生倒伏發芽，故各地水稻水害多限於特殊地區及時期。
2. 玉米：本省玉米僅六月份受梅雨季之長期霪雨或豪雨之影響，有水害發生。受害地區包括高雄縣、台南縣及新竹縣等。
3. 甘蔗：本省甘蔗栽培多在排水良好之旱田，且蔗株較高，受霪雨影響小。罹水害之機會少，僅六月份較多。
4. 甘藷：由於甘藷蔓生於地面其塊根最忌積水，土壤通氣不良易遭水害。
5. 落花生：此作物於開花期至結實期最忌霪雨。梅雨期(5-6月)正值中南部春作落花生之開花期至結實期，故水害次數較多。

參、風害

風害是本省最嚴重的農業氣象災害。所謂風害是由於風速過強對農作物、耕地及田地設施所造成的傷害及損失。發生強風的氣象原因不同，風害又可分為颱風害、季節風害及焚風害。颱風害多半發生在夏季，其危害為偶發性，每次危害時間短，三至五天不等，但強風挾帶暴雨破壞力強，危害面積廣，對農作物造成極大的損失。季節風害多發生在冬季，具有季節性及區域性，持續時間較長，對農作物傷害不甚嚴重。焚風發生時間更短，通常持續幾小時，危害面積小，發生地區也只限於特殊地區，對於作物傷害影響較小。

一、颱風害

(一)颱風災害發生之次數、時節及區域

颱風為發生在太平洋或中國南海之熱帶氣旋，其中心通過臺灣或經過臺灣海面時，所挾帶的狂風暴雨，往往對本省人民生命財產、農作物產生極大的傷害及損失。根據過去一百年(1897～1996年)的氣象記錄指出侵襲臺灣的颱風達391次，平均每年有3.91次。颱風侵襲臺灣最早始於每年四月下旬，最晚終至十一月下旬，期間長達半年之久。在過去一百年期間391次侵臺颱風資料中發現四月份發生有二次，佔0.5%；五月份有13次，佔3.3%；六月份有23次，佔5.9%；七月份有99次，佔25.3%；八月份有115次，佔29.4%；九月份有94次，佔24%；十月份有36次，佔9.2%；十一月份只有9次，佔2.3%。由此可知颱風侵襲臺灣以每年七、八、九三個月頻度最高(臺灣農業年報，1997)。

颱風的強度按照中央氣象局分類，中心最大風速達17.2～32.6 m/s為輕度颱風，32.7～50.9m/s為中度颱風，超過51m/s為強度颱風。又再根據中央氣象局過去八十年記錄，將颱風侵襲行走的路徑，可以歸納為七類，如圖一所示(郭，1980)：

第一類為通過臺灣北部或北部海面，向西或西北進行，北部及東北部降雨最多，

發生所佔比例為27%。

第二類為穿過本省中部，向西或西北進行，約佔侵襲颱風總數的13%。颱風中心登陸前，北部及東部雨量多，通過中南部山區雨勢最強。

第三類為通過南部或南部近海，向西或西北進行，約佔總數的32%，此類路徑發生最多，以東部降雨最多，其他地區降雨不多。

第四類為沿東部海面北上，佔11%，東部降雨最多。

第五類為沿西部海岸或臺灣海峽北上，佔侵襲颱風總數的6%，中南部地區降雨最多，山區更是強烈。

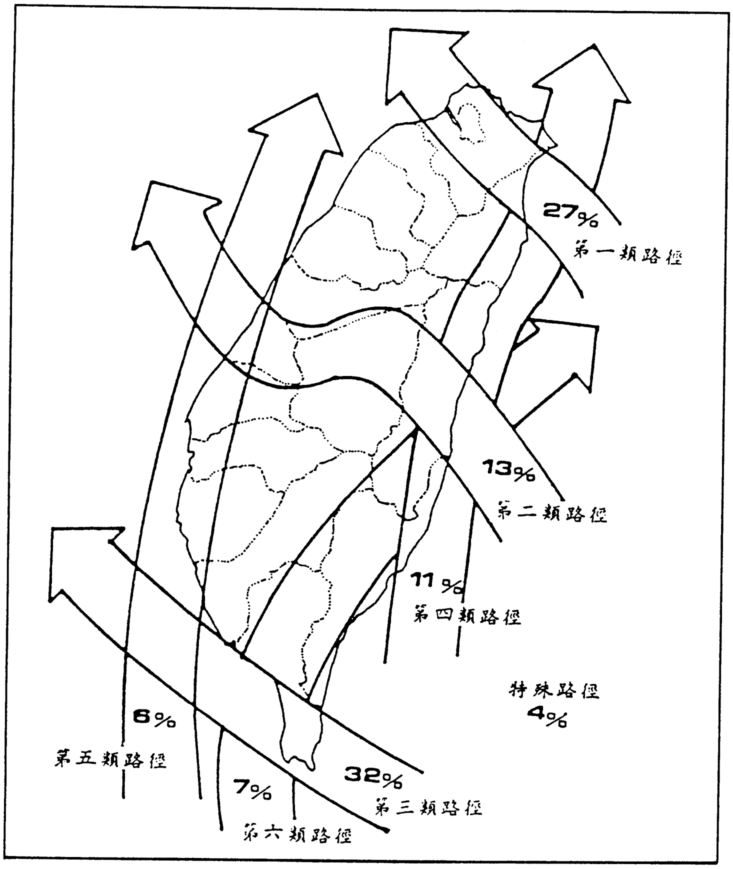
第六類為通過本省南端，再向東北方向出海，發生率佔7%。

第七類為不屬於以上六類之特殊路徑，發生率佔4%。

(二)颱風對農作物造成的災害

颱風的特徵為狂風暴雨，對農作物造成的傷害，除了狂風使植株發生折斷，其所挾帶的暴雨，使農田或農作物發生浸水，埋沒或流失。沿海的農田常因颱風侵襲造成海水倒灌而無法耕作。

雖然過去百年，颱風侵襲臺灣每年平均發生的次數為3.91次，但是每一颱風所造成的損失並不相同。以1996年為例，當年有四個颱風侵襲臺灣，其中八月份賀伯颱風，危害最大，被害面積達208,122公頃，損失估計達新台幣147億餘元。同一個月所發生的葛樂禮颱風被害面積為11,259公頃，估計損失為6億9千餘萬元；而九月份發生的薩恩颱風，被害面積只有148公頃，損失僅有1千6百萬元(臺灣農業年報，1997)。颱風侵襲時，幾乎無一作物能倖免，水稻、甘蔗、玉米等重要農藝作物及蔬菜、花卉、果樹均包含在內



圖一 颱風侵襲臺灣行走的路徑 (郭，1980)

。表三為1996年賀伯颱風侵襲本省時，農藝作物受害面積及損失金額的估計。由表三可見，水稻受害面積最大，其他為原料甘蔗、落花生、玉米、茶均受其嚴重傷害。

表三 1996年賀伯颱風對臺灣地區農藝作物所造成的損失 (單位：新台幣)

作物	受害面積 (公頃)	百分率 (%)	估計損失金額 (仟元)	百分率 (%)
水稻	29, 166	52. 04	644, 292	31. 40
飼料玉米	1, 682	3. 00	248, 822	12. 30
食用玉米	1, 501	2. 67	125, 459	6. 11
高粱	40	0. 07	6, 023	0. 29
大豆	1, 566	2. 43	29, 397	1. 43
落花生	2, 539	4. 53	69, 916	3. 40
甘藷	754	1. 34	117, 438	5. 72
芝麻	64	0. 11	1, 754	0. 08
茶	1, 890	3. 37	152, 009	7. 40
原料甘蔗	15, 855	28. 30	496, 062	24. 17
生食甘蔗	357	0. 63	644, 476	3. 14
牧草	821	1. 46	96, 167	4. 68
合計	56, 035	100	2, 051, 815	100

(資料來源：農業年報，1997)

園藝作物則以果樹損失最大，其次為蔬菜(表四)。無論是受害面積及所估計之損失金額均超過農藝作物。

表四 1996年賀伯颱風對臺灣地區園藝作物所造成的損失 (單位：新台幣)

作物	受害面積 (公頃)	百分率 (%)	估計損失金額 (仟元)	百分率 (%)
花卉	860	0. 90	436, 196	3. 42
蔬菜	30, 745	32. 41	2, 658, 338	20. 89
果樹	63, 257	66. 68	9, 630, 350	75. 68
合計	94, 862	100	12, 724, 884	100

(資料來源：臺灣農業年報，1997)

颱風侵襲對農作物造成傷害大小與風速、颱風範圍以及所挾雨量有關，除與本身發展特性有關以外，與侵襲路徑、經過的地形、發生的月份以及當時作物生長狀況有密切關係。臺灣有中央山脈，由北向南縱行排列，當颱風侵襲時，其環流常被山脈破壞，因而會影響颱風強度及路徑方向。當颱風經由北部向西北進行(第一類路徑)，對本省北部及東北部生長的作物會造成嚴重損失。當颱風直接穿越本省中部時(第二路徑)，以登陸之東部地區受害最嚴重，中央山脈以西的中部平原，因受山脈屏障，受害程度較小；但是此一路徑的颱風，穿越中央山脈時，往往會引起暖溼氣流沿山脈上

升，引起豪雨，造成山洪暴發、土石流，其災害往往廣及全省。1996年賀伯颱風，不僅在中部橫貫公路造成土石流、山崩，本省十五個縣市作物均遭受到嚴重的損害。

當颱風通過南部或南方近海，向西或西北進行(第三類路徑)，則強風對台東、高屏地區農作物威脅較大，其降雨以東部、台北、宜蘭較多。若颱風登陸東部或沿東海岸北上(第四類路徑)，則對東部地區農作物造成嚴重災害。若由中國南海穿越臺灣海峽北上，則南部及西部平原農作物造成嚴重的損失(郭，1980)。

颱風對農作物傷害除了與颱風強度、範圍、雨量、行走路徑有關外，與侵襲時作物生長狀況及作物栽培面積有密切關係。水稻為本省最重要的作物，栽培面積最廣，栽培季節主要分一期作(春作)及二期作(秋作)，一期作由一月下旬至六月中旬，二期作從七月下旬至十一月下旬。由前述所知，本省遭受颱風侵襲之時期自四月至十一月，而以七、八、九三個月侵襲率最高，因此本省中北部地區一期作成熟期及各地二期作皆在颱風侵襲期間。颱風所挾帶狂風暴雨，使稻田浸水、埋沒或沖蝕，其強風可使稻株折斷、倒伏，抽穗期延遲，不稔性增加，下葉黃化枯死，及產量減少(農林廳，1995)。

本省甘蔗栽培於大安溪以南，生長期相當長，至少十二個月，所以甘蔗在生長期或多或少遇到颱風的侵襲，蔗莖折斷、倒伏，葉片損傷引起生育不良，甘蔗產量明顯減少(農林廳，1995)。玉米、高粱、落花生等雜糧作物，颱風風害除折斷莖稈，造成倒伏外，田地淹水，使植株根部發生腐爛，若遇成熟期，子粒在植株上容易發芽，千粒重降低，不稔性增加，產量減少。

茶樹為多年生的灌木，雖然以採收茶芽為目標，但本省茶樹生長多在山坡地區，容易遭受颱風所帶來的水土沖刷，枝條斷落，葉片受損，影響製茶品質(農林廳，1995)。果樹多為多年生作物，風害引起落葉、落花、落果，嚴重時會發生折枝、折幹，整株倒伏等，因為果樹為多年生作物，風害引起之減產不只發生在風害當年，對次年以後生育、開花、結果亦有不良的影響(真木，1995)。

本省中南部為夏季蔬菜的重要產地，颱風所挾帶的豪雨，使生長的蔬菜根部腐爛，莖葉軟腐，再加上颱風過後高溫強日的照射，蔬果更易腐爛，因此歷年颱風侵襲對本省蔬菜所造成損失相當大。

二、季節風

臺灣因地理之關係，每年九月中、下旬至翌年四月中、下旬受亞洲大陸高氣壓的影響，北部均籠罩在強勁東北季風下，最高風速可達20 m/s，這種強風常使作物葉片裂傷，植株倒伏；由於季節風多發生在冬季，低溫相伴易使作物發生寒風害。當季節風吹過海面時，常引起風浪，夾帶鹽分，附著於作物表面，加速作物傷害。

同時東北季風遇山脈而上升，而常造成臺灣北部基隆、大屯山一帶、及宜蘭西南山坡地區霪雨，是為東北季風雨。本省除了東北季風外，在夏季又有西南季風，由於西南季風對農作物影響不大，一般很少注意。東北季風，風力強勁寒冷，對農作物傷害相當大，臺灣北部濱海農田，歷年來因受東北季風影響，廣達四千餘公頃農地，而呈休耕狀態。

(一)季節風災害發生之次數、時節及區域

季節風是隨季節變化而產生的，呈有規則持續性的變化，但季節風的大小卻依地區、年代有所不同。依林及張(1996)調查，1990年桃園觀音沿岸地區9月～11月季節風平均風速2.14 m/s，1991年同一地區風速為3.57 m/s。根據李(1996)選取新竹、梧棲、嘉義、恆春、花蓮、澎湖等六地區，統計近十年(1985～1994)年東北季風期(10月至翌年3月)，各月份之平均風速，以梧棲的平均風速7.3 m/s最大，其次澎湖在5.0～6.3 m/s之間，恆春3.4～4.6 m/s。再看上述地區在本期間之月最大風速及月平均強風日數(表五)，仍以

梧棲17.6～21m/s最高，月平均強風日數達19.1～23.1日之多，其次是恆春和澎湖最大風速11～14m/s，強風日數為3.7～8.8天，其他地區風速數小而差異不大。

本省東北季風發生始於每年10月，而終於翌年3月，期間長達半年之久，其中以10～11月為盛期，農作物損失，根據農業年報(1990)指出，1989年被害面積為8,427公頃，全部損失估計在新台幣1億9千萬元。

表五 臺灣各地區東北季風期間月平均最大風速及月平均強風日數(1985～1994)

地點	月份					
	1	2	3	10	11	12
新竹	7.9 (0.1)	7.7 (0.0)	8.2 (0.1)	9.4 (0.8)	8.3 (0.6)	8.2 (0.4)
梧棲	19.1 (23.1)	18.6 (19.8)	17.6 (19.1)	21.0 (22.9)	19.9 (19.7)	19.3 (2.22)
嘉義	9.3 (0.7)	9.2 (0.2)	8.7 (0.2)	8.6 (0.2)	8.8 (0.1)	8.7 (0.3)
恆春	11.9 (5.1)	11.5 (4.2)	11.7 (3.7)	14.0 (6.2)	13.5 (8.0)	12.1 (7.6)
花蓮	9.9 (1.0)	8.8 (0.7)	8.6 (0.5)	9.1 (1.0)	9.3 (0.7)	8.5 (0.8)
澎湖	11.7 (6.1)	11.6 (3.8)	11.3 (4.4)	13.8 (8.8)	13.5 (8.4)	12.5 (7.8)

註：(　)內為強風日數。　(資料來源：李，1996)

(二)季節風對農作物產生之災害

強勁季節風對作物的危害因作物的特性、作物種類、生育期、生長狀態及栽培條件不同而有很多的差異。強風使作物莖葉、枝條、果實、穀粒強烈搖動，發生裂傷，及碰撞、撕裂等傷害；強風折斷莖幹，特別是高莖作物發生倒伏。強風促進蒸散作用，使作物發生缺水障礙；若風中含有鹽分，則對作物的危害則是雪上加霜造成嚴重鹽害。

根據李(1996)以1984～1988年台中、雲林、嘉義三地區沿海與內陸水稻產量相比較，發現不論一期作或二期作，內陸地區產量皆較沿海地區產量為高，也發現風速愈大，產量愈低，並指出中部(或以北)地區水稻產量顯著受到風速影響，隨著緯度降低，影響越小。在期作方面，第二期作產量較一期作容易受風速影響。據作者推測其原因，可能因為二期作水稻生育後期(抽穗至成熟)正值10～12月，此時已盛行東北季風，風速大小影響水稻結實率。

林及張(1996)指出水稻生育期受風速影響，以稔實率影響最大，次為千粒重，不但對產量有影響，且降低稻米品質，尤以中晚熟品種為甚。江幡及石川(1989)並指出正當水稻抽穗時若遇到強風4 m/s以上吹襲1小時，百粒重即有下降的趨勢，且米質劣化，抽穗後21天，如遇強風，會產生許多畸形米、乳白米；其主要原因是強風使葉片及穎果受損，使其同化機能及儲藏能力下降。

三、焚風

焚風不似颱風、季節風，它是一種局部性乾熱風，發生面積較小，持續的時間亦短。發生的原因係由於溼熱空氣受山嶺阻隔，被

迫上升，呈絕熱冷卻，水汽凝結成雲雨，降在迎風面山坡上，越過山嶺後而下降之空氣因絕熱增暖遂成為乾燥空氣，顯著地比鄰近空氣溫度高且乾燥，此種下降的氣流所形成的風為焚風(郭及楊，1982)。焚風可分為季節風及颱風強勁氣流所引發的焚風。前者多發生在1～5月春季梅雨前，後者以夏秋颱風所引發的焚風，多集中在7～9月間。臺灣的焚風約70%由颱風所引起。焚風發生時間、地區及所造成的高溫、風速，因地形不同而不同。以1996年台東地區為例，說明焚風發生的時間、溫度及相對溼度(表六)。

表六 1996年台東地區所發生的焚風

發生日期	發生時間長短（小時）	溫度（℃）	相對濕度（%）	最大風速（m/s）
2月14日	7	22～37	87～20	9.6
3月15日	10	22～39	80～23	11.7
5月 7日	8	25～36	92～40	9.7
6月21日	5	30～38	85～35	13.0
7月24日	7	28～39	85～45	10.5
7月31日	6	28～34	96～48	22.9

(資料來源：鄭，1977)

由表六可知1996年台東地區在半年以內，焚風發生達六次之多，焚風發生時溫度驟然上升，最高可達39℃，相對濕度驟然下降至20～23%左右，風速很大，由9.6 m/s至22.9m/s 不等，持續發生的時間5～10小時左右，焚風最大的特徵是高溫、低濕及強風。

焚風來襲時所帶來的高溫、低濕、再伴著強風，易造成植株莖葉凋萎，嚴重時會枯死，特別是果樹易發生脫水現象。邱等(1991)調查台東地區華盛頓臍橙遭受焚風時，落果率高達100%，最後無產量可言。

1994年10月10日在台東關山及池上地區由於席斯颱風過境帶來焚風，最高溫為38.5℃，最大瞬間風速19.7 m/s，平均風速為3.0 m/s，此時正值二期稻作糊熟期，結果稻穀外表變黑，少數晚植的水稻品種正值抽穗期，結果造成高度不稔，減產率高達40%(農林廳，1995)。李(1995)調查1984年8月7日花蓮地區所發生的焚風，強度颱風道格帶來焚風，最高溫37.0℃，熱狂風持續10小時，但對水稻產量影響不大，可能是水稻正值幼苗期，在浸水環境中成長，影響較小；同年8月20日佛魯特颱風亦帶來36℃無雨焚風，此時水稻正值分蘗，但在水田湛水下，焚風對水稻生育影響亦不大。

鄭(1996)調查台東地區焚風對茶樹生長的影響，六次焚風其最高溫為34～39℃，相對濕度20～48%，造成8～40%茶芽受害，葉尖、葉緣呈乾枯燒焦，成熟葉葉緣及葉肉內部紅變，嫩梢生長停滯；新長出的茶芽出現受害癥狀，品質降低。由此可見焚風發生雖然持續的時間較短，有時對作物也造成相當的損傷。

肆、溫度災害

溫度是支持作物生長必要的環境因子之一，各作物在其栽培週期中依生育階段不同而各有其最適溫度與最高或最低之所謂主要溫度(cardinal temperature)。氣溫超過此最高

或最低界限溫度，皆可使作物喪失經濟產量而列入災害範圍。因溫度變化所造成之災害，一般包括了寒害、霜害及高溫傷害(熱害)，惟目前本省農林調查上多僅包括寒害與霜害，並沒有高溫災害的明顯定義與紀錄。依作物的生理反應而言，一般溫帶與亞熱帶起源的作物，在氣溫低於10℃或高於35℃時，多會導致明顯的生育障礙，因而可能造成經濟產量的損失。

本省位於亞熱帶，氣候平日尚屬溫暖，農耕地之年平均氣溫超過20℃，惟每年秋末至隔年初春之際，由於極地或大陸冷氣團南下，亦即所謂「寒潮」，氣溫可降至10℃以下，屢造成寒害的發生。此時若低於5℃，即可能造成霜害。由本省1951年至1996年的統計分析，寒(霜)害發生的頻率及所造成的損失，次於水害、風害(含颱風)與旱害，是為本省第四大氣象災害(楊及張，1989)。

雖然高溫可能造成的作物傷害在本省並未列入調查，但本省夏秋季期間也常有35℃以上的高溫發生，在未來氣候變遷的趨勢下，此頻率也可能提高，其是否會造成作物損失以至成災值得加以重視。在全球氣候變遷的趨勢下，包括低、高溫所謂的「異常氣象」發生頻率可能增加，本省可能也不例外，寒害與熱害發生的機率，極需要加以評估，以防範未然。

一、低溫災害

(一)低溫災害發生之次數、時節與區域

由表七的整理顯示，1983年至1996年十三年間共有6年曾發生與低溫有關的災害，分別是寒(霜)害發生於1986、1991、1993、1995年，而冰雹發生於1983與1992年。其中以1986年之寒(霜)害最為嚴重，計造成約8億元的損失。此發生的次數與1983年以前的統計相比較，並沒有明顯的差異(楊及張，1989)。以寒害發生之最低氣溫而言，表七中1986年最嚴重之寒(霜)害發生時，嘉義的最低氣溫為3℃左右，此與1983年以前之紀錄相較也並不特殊(楊，1979；楊及張，1989)。

就寒(霜)害發生的月份觀之，以1、3月最多，2月與12月其次；冰雹則發生於1月、3月與4月。此紀錄與以前的統計資料相較也沒有明顯的差異。

在發生的區域方面，多集中於南投、嘉義與高屏地區；台北、台中與彰化地區則零星發生。這些區域仍是過去以來被認為易發生低溫災害的區域，似乎並沒有擴展至其他區域的現象。

由上述的討論可知，臺灣地區作物低溫災害的發生，有時節與區域的特性。此大致與該地區作物的栽培季節及地形易發生低溫的程度有關。以雲嘉地區為例，每年12月至次年3月間之平均溫度約在16至18℃之間，此尚在作物可接受的生長溫度範圍內，因此農地上仍種植多項秋、冬季作物。此時若大陸強烈寒潮來襲，由於此區域地形平坦，輻射強烈，溫度下降急速且屢低於5℃左右，因此造成多項作物受損。又台中與南投地區(如埔里)屬於盆地地形，因冷空氣比重較大易向低處集中，這些地區是冷空氣易於集中處，當寒潮發生，氣溫若低於5℃，此地區因冷空氣集中而易形成霜害。歷年來此低溫災害的區域、季節似乎沒有擴大的趨勢。

(二)受害作物種類

由表七的紀錄也可看出本省受低溫災害的作物，集中於水稻、玉米、蓮霧、香蕉、香瓜(或瓜類)、鳳梨及木瓜等作物，歷年來似乎也變化不大。此一方面與該作物的栽培季節有關，一方面與該作物對低溫的敏感性有關。水稻是一典型的例子，每年早春(1-3月)正值一期作秧苗期，對低溫敏感易受寒害，而晚秋(11月)如正值二期作穗發育期(甚至是花粉母細胞分化期)，對低溫更敏感，極易遭受寒害。其他作物如蓮霧等，秋末至早春也處於低溫敏感期，而容易受害。由上述討論可知，低溫地區與季節屬於環境自然因子，人為不易改變；

表七　臺灣地區民國72年(1983)至85年(1996)寒、霜、冰雹災害受害狀況表

年度	月份(災害別)	作物	地區	全年受害面積(公頃)	全年受損價值(千元)
	1(寒害)	特作	南投、嘉義		
1983		青果	南投	2,388	323,049
	3(冰雹)	茶	南投		
	1(霜害)	玉米、甘藷、其他特作、其他蔬菜、香蕉、鳳梨、其他青果	南投		
1986	3(寒害、霜害)	水稻	宜蘭、雲林、臺中、南投	(寒害)19,191	478,242
	3(霜害)	玉米、其他蔬菜、香蕉、西瓜、香瓜、其他青果	南投、臺南、臺中	(霜害) 3,081	245,575
	3(寒害)	其他蔬菜、西瓜、瓜子瓜、其他青果	雲林、宜蘭、屏東		
1991	12(寒害)	蔬菜、蓮霧、花卉、其他作物	臺北、彰化、高雄、屏東	802	140,582
1992	4(冰雹)	水稻	高雄、臺東		
	4(冰雹)	食用玉米、疏菜、洋香瓜、香蕉、鳳梨、芒果、蓮霧、其他青果	高雄、屏東、	1,903	195,432
1993	1(寒害)	水稻	屏東		
	1(寒害)	飼料玉米、蔬菜、蓮霧	臺南、屏東	2,925	228,042
1995	2(寒害)	芒果、蓮霧、梨	臺南、屏東、高雄、苗栗、臺中	5,282	1,125,486

(依民國72年至85年之臺灣農業年報整理)

但作物栽培屬人為操作，調整作物種類與栽培週期可能是避免低溫災害最直接的方法。例如中央氣象局曾依臺灣各區域內高、低溫發生頻度與各作物栽培適性，規劃出臺灣各地區的多種作物的「安全栽培」期限，即是有建設性的策略(曾等，1984)。

二、冰雹

由表七的資料也顯示1983年至1996年間共發生2次冰雹災害，分別是1983年之3月與1992年4月，季節上多屬於早春，氣候較不穩定之時節。惟1998年2月17至23日之間，臺灣中南部由苗栗至高雄七個縣發生嚴重冰雹，農作物甚至家畜皆遭受嚴重損失，估計達三億元以上。值得注意的是這是近15年來首次在2月份發生大規模的冰雹，較一般提早一個月左右，多數氣象學者多歸因於「聖嬰」(El Nino)現象所導致之全球氣候變遷，是否真實如此需要更長期的觀察。

冰雹多發生於早春甚至夏季氣候不穩定之際，此時若氣流上下對流旺盛，積雨雲中之水滴隨旺盛之上昇氣流升高至低溫結凍層(freezing level)以上時可凝結成小冰球，當冰球重量加大時由於重力而下降，此時若遇

下層較暖溫度時可蒸發部份水分，但若再遇旺盛上昇氣流時，則小冰球再度上升，並在上升時再凝結高層雲氣中之水滴，冰球體積增大，如此再下降、隨氣流再上升，經多次上、下循環後，冰球體積逐漸大到氣流無法負荷時，則冰球下降成為冰雹。

冰雹對農作物的傷害多屬於物理的撞擊，隨冰球的體積大小(約5mm至50mm)而傷害程度不同，農業操作上似乎也只有以遮蔽的方式來防止災害，亦即在氣象預報將發生氣候不穩定，或雷陣大雨(甚至龍捲風)可能發生冰雹時，給予農作物適當的遮蔽或可防止災害的發生。惟事實上，冰雹的發生多屬於"小區域性"的，發生時節也短暫，氣象預報不容易，農民預防措施更有困難，冰雹災害的預防以目前而言並不易達成。

三、高溫災害

由於高溫災害的發生情況及是否造成災害目前並未列於常規正式調察及記錄，因此無法由正式報告中得知臺灣地區高溫災害的發生歷史或記錄。但由每年皆發生多次高於35℃的氣象記錄推測，應也有若干作物受損的情事發生，或許未達'災害'程度而未受重視(曾等，1984)。惟正如在本章他處所提到的，在全球氣候變遷溫度可能逐漸上升的趨勢下，迫切需要加強對高溫災害的調查統計與研究。

四、未來溫度栽災害發生的趨勢

〝全球氣候變遷〞可能是最能影響未來溫度災害發生頻度及強度的自然因素，依目前的推測臺灣地區至西元2050年氣溫可能升高3-4 ℃ ，且是全年皆可能升高(吳，1996)。依此推測，臺灣地區每年高溫的頻度也可能提高，尤其本省5至11月正值本省重要經濟作物的主要栽培期，作物高溫熱害發生的可能性極需要加以評估。

以1950年至1990年共40年間每年最高與最低溫的變化趨勢加以分析，可得到如圖二的趨勢(臺灣大學作物生理研究室姚銘輝先生整理)。以最高溫而言，台中、台北地區溫度皆在足以造成一般作物高溫障礙的35℃以上。至於臺灣其他地區的變化趨勢有待進一步統計分析。就年度最低溫度而言，恆春地區始終在10℃以上，且趨勢平穩。其他地區則呈上升的趨勢，惟仍在10℃的可能寒害溫度以下。

表面上看，臺灣地區受全球氣候變遷影響氣溫可能上升，似乎寒(霜)害發生的機會可能減少，但是全球氣候變遷的另一特徵是大氣熱平衡與氣候調節的功能改變，所謂'異常氣候'發生的機會也增加。以日本為例，近年寒冬、冷夏、與豪雪的頻率似乎增加，推測未來異常低溫發生的頻率及強度也可能提高(朝倉，1990)。如果這亦是臺灣地區未來的趨勢，則可能寒(霜)害發生的機率也可能增加矣。

平時地球氣候循環自有其短期與長期的週期性，吾人可以數學模擬予以推測，惟一旦此循環受溫室氣體大量產生、雨林過度開發等干擾，大氣平衡與調節功能破壞，則異常氣候的發生難以預測，溫度極端改變最容易導致災害(朝倉，1990)。臺灣目前已展開本身氣候變遷的研究，對異常氣候的探討更不可輕忽。

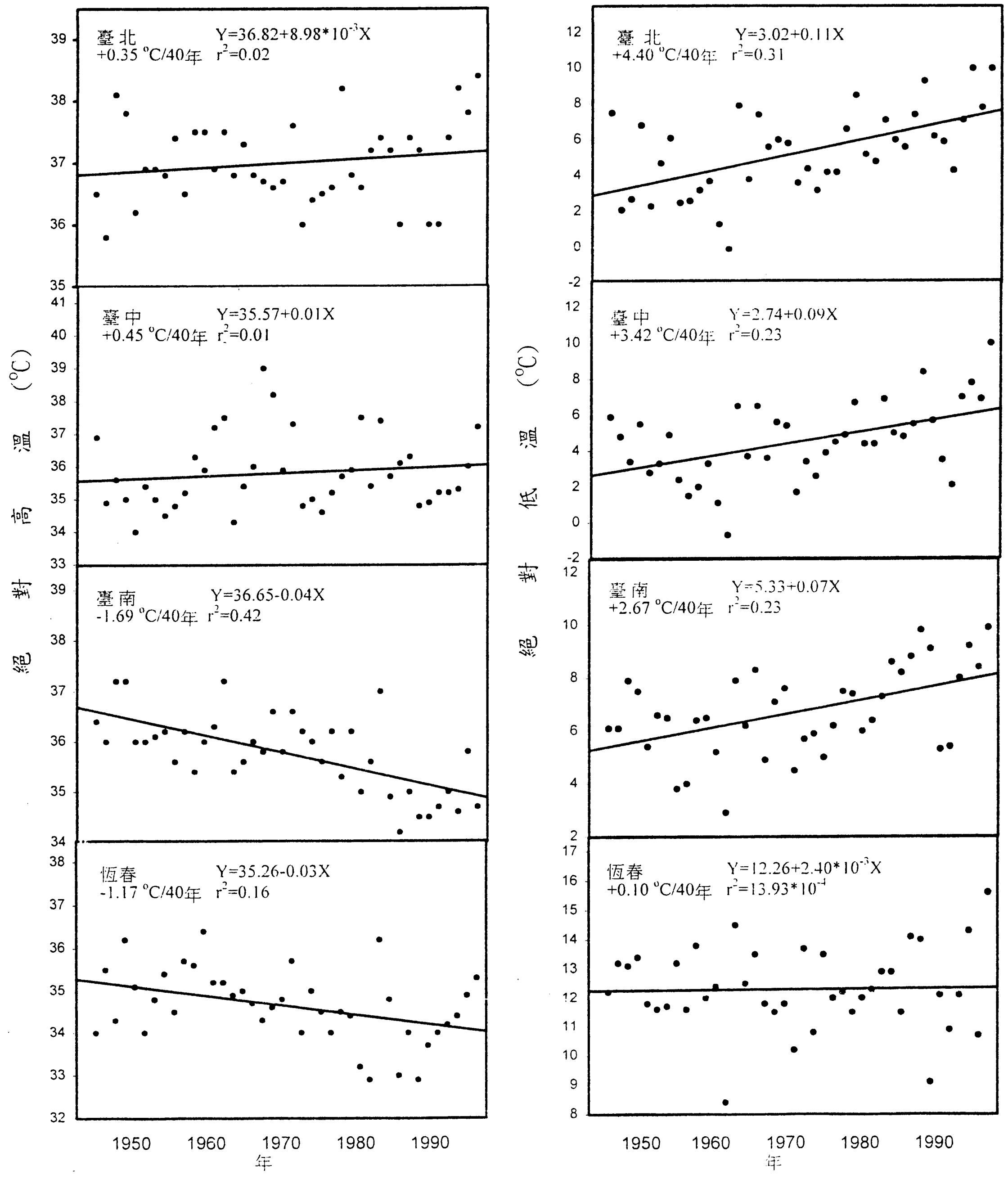
伍、因應策略

減少農業氣象災害其因應的策略可分為災前的預防及災後的補救二方面。這種由氣象突然改變所產生的災害，除了少數災害有脈可尋，事前加以防範外，絕大多數的災害要事先預防實在不易。災後的補救或多或少可以減少一些損失。

根據臺灣地區農業氣象資源應用研究研討會(1989)指出，本省常見之四大災變天氣--寒潮、梅雨、颱風、旱害均足以造成嚴重的農業災害。雖然已能掌握天氣之短期動態並及時告知農民，但由於災害的發生頻率不高，農民心存僥倖或無防災成本觀念未積極謀求對策，因此對於災害預防工作必須加強宣導。

一、旱害與水害

由於地球大氣環境之自然變遷及天災(水、旱害)之無法避免，因此有關因應之道可從作物栽培管理系統之改進，及尋求能適應不良環境之農作物品種，與增強種原庫。綜合旱害與水害防治之因應策略，大致包括下列：



圖二　台北、台中、台南與恆春地區1950年至1990年間之年度最高(左)與最低(右)溫變化趨勢。(資料來源：臺灣大學農藝系作物生理研究室)

1. 改進灌溉制度與系統：針對各種臺灣現行栽培之農作物，進行水分利用效率調查，以便在適當的需水時期灌溉提高水分利用效率，節省水資源。考慮以滴灌、噴灌方式取代溝灌，並防止灌溉水路之漏水現象。例如茶樹栽培為防範旱害及節省水源可採用低壓省水灌溉，即於等高坡地以PE穿孔管灌溉，使成帶狀溼潤，可節省灌溉成本及水量。此外於豪雨前後清理排水系統，排除堵塞物以利積水早日退去。
2. 發展新的作物品種及建立種原庫：積極尋找具有適應水分逆境(旱害及水害)之農作物種原，可自國內外搜集具有適應力之物種種原。一方面可供作研究逆境抗性機制，亦可朝向抗性基因篩選及轉殖，使本地農作物增加適應水分逆境之能力。此外，包括增加抗倒伏水稻品種以減輕傾斜倒伏浸水，均有助於抗逆境。
3. 調節栽培制度：首先確立臺灣各地區年中四季之經常性雨量、溼度、日照等氣候條件，配合經常發生之梅雨季及颱風等雨水過多時期，以及枯水期。盡量依作物耐旱與耐淹特性調節栽培制度。例如水稻生育初期遭豪雨浸水為害應儘快排水，並酌施肥料以恢復水稻生長。為防範旱害可在幼穗分化形成及抽穗開花期保持適度水深，其餘各時期不灌溉或淺水輪灌。
4. 調節收穫時期：例如玉米生育期間於雨季颱風來前再培土一次，以防倒伏。雨後淺耕一次促根系發育減輕枯死。此外亦可考慮高畦播種。於颱風警報或豪雨預報發佈之後儘早搶收，減少損失倒伏於田間，儘速排乾田間積水以免引起穗上發芽。例如高粱栽培時應避開梅雨季收穫，宜調整春作高粱播種期使收穫時期提早至5月上旬或延至6月中旬。
5. 加強預警系統之建立：颱風雨季應隨時注意氣象預報，於颱風雨季來臨前夕勿播種。

二、風害

(一)颱風

1. 災前的預防措施(農林廳，1995)
   (1)廣泛收集颱風資料，注意颱風動態，迅速建立正確的颱風警訊，提高農民對颱風的認識，並建立完善預警制度。
   (2)由於颱風來襲，挾帶大量雨水、強風，低窪地區或農地應先排水。
   (3)排水不良的溝渠應先清除，確保排水暢通。
   (4)遇到一些可收穫的作物，儘早搶收，以減少損失。
   (5)旱田作物、高莖作物在颱風來襲前宜再行培土一次，以防倒伏。果樹則需修剪樹枝或樹立支柱。蔬菜、瓜類於植株上方覆蓋紗網，可收預防效果。
2. 災後的補救措施(農林廳，1995)
   (1)颱風過後，應儘速排除田間積水，倒伏的植株立刻扶正，使其恢復生長。
   (2)嚴重時，應予廢耕，重新整地耕種。
   (3)折斷果樹枝條立刻清除。
   (4)必要時增施肥料，以利作物生長。
   (5)一些作物，如甘藷，排水後三天內即行中耕，使畦間土壤鬆軟。
   (6)可收穫的作物應立刻採收。
   (7)加強病蟲害防治工作，預防病蟲害的發生及蔓延。

(二)季節風

1. 事前的預防措施
   (1)季節風導致的風害以東北、北、西北向比例較高，田間北向種植防風林預防。
   (2)設置防風網亦有相當的效果，或設置防風牆。
   (3)選擇抗風性強的作物及品種。
   (4)避免種植高莖作物，如玉米、高粱。
   (5)利用抗風栽培，厚播、密植、氮肥多施會使作物徒長不耐風，應多施鉀肥，矽酸肥料。
   (6)選擇抗風較強的果樹，加強抗風栽培，如降低株高，稍微密植，降低側枝與主幹之分歧點。
   (7)調整栽培時序，或分成數次種植，以

分散風險。

2.災後補救措施

(1)受風害折斷的枝條、落葉及早清除。

(2)利用噴灑淡水，洗去作物體上附著的鹽分，可以防止鹽風害，但要及早實施。

(三)焚風

1.事前預防措施(鄭，1997)

(1)在焚風容易發生地區，利用防風設備，減少蒸散作用，可以相當程度減少焚風害，其中以防風林效果最好(真木，1997)，或設置防風網。

(2)焚風來襲前可噴水、灌溉，降低溫度，減少高溫的傷害。

2.災後補救措施

(1)田間灌水，以降低溫度，減輕災害。

(2)果園、茶樹噴灑水，以降低溫度。

(3)受害的枝條儘速修剪，以促進新的枝條生長，受害的茶芽應立刻剪除，促進新芽的生長。

三、溫度災害

作物的溫度災害，尤其寒(霜)害是臺灣地區長久以來經常發生的氣候災害。在現行日漸精準的氣象預報技術下，寒潮來臨時農業氣象預報單位多會發佈警示，農民大多也可適時的預作保護措施。倒是全球氣候變遷的趨勢下，臺灣地區的氣候變遷是否會改變「極端溫度」的發生頻率與強度？值得深加研究。

一般熱帶或亞熱帶原產地之作物可經一些栽培管理措施而降低耐低溫傷害之發生，不但可擴大種植地區和時期，且可降低因低溫季節造成之傷害，生長抑制，和產量之降低。而一些收穫後之園藝產品必須低溫冷藏，而由於低溫下可抑制老化、呼吸作用、成熟期間以及一些代謝作用造成之敗壞(decay)，而維持在貯藏和運送期間較高之品質，但低溫貯藏如處理欠妥或因對低溫敏感之作物受傷，造成很大之損失，因此必須適當之措施，和技術之改進，才能解決或降低因低溫造成之損失，達到維持高產量、高品質之最佳利益。

(1)適當田區之選擇

栽培作物時，可選擇適當之區域和地點，盡量降低低溫發生之機會，例如向陽的山坡比背陰的區域可接受較多之陽光，在寒冷季節造成低溫傷害之機會可減少。又水可穩定氣溫之變化，因此在靠近湖泊或海灣區域，氣溫多穩定，為作物栽培和生產較佳之所在。

(2)灌溉

利用灌溉措施，供給土壤充分之水分，亦可使土壤保持較穩定之溫度，讓作物根部不易受到冷害，而水稻在幼苗期提高田區湛水之高度，在寒流來時，不但可保護根部，亦可減輕地上部因低溫所造成之傷害，噴灑灌溉亦有避免霜害之功效。

(3)覆蓋物之利用

利用覆蓋物，蔽蓋田區之土壤，冬季可防止土壤溫度之散失，亦可保持土壤之濕潤，抑制雜草的生長，山坡地上可減輕土壤沖蝕，且有水土保持之功效。覆蓋物可用腐解後之稻草、作物莖稈、樹枝等，尚可增加土壤之有機質，減少化肥之使用。塑膠布已普遍使用於覆蓋土壤，但應注意回收問題，如成本許可應鼓勵使用可分解之改良塑膠覆蓋物。

(4)設立防寒設備

利用玻璃或塑膠布建造大型溫室或小型的覆蓋床、覆蓋帽、覆蓋隧道等都可應用於大規模經濟作物生產之用，可延長作物生長期間，減輕低溫造成之傷害，本省高經濟之作物如花卉、蔬菜等，已普遍應用。

(5)改善空氣之對流

在寂靜和晴朗之夜晚，高於地面15－20公尺左右之氣溫往往較地面之溫度高約2℃，因此使空氣流動混合則可增加作物周圍之溫度，對霜害或低溫之防止，頗有效果；可利用風扇鼓動空氣對流，確能發揮防冷害之作用，惟設備成本較高，且消耗能源，花費頗大，僅大規模企業化經營之

高經濟作物方可應用。

(6)溫度處理或預措

在臨界低溫前利用稍微高之溫度預先處理，則可提高對低溫之耐性，例如番茄幼苗在12.5℃生長3小時以上，則較未處理對1℃有較佳之耐性；甜椒預先處理10℃ 5天或10天，可減輕在0℃時之冷害；葡萄柚先預措10或15℃ 7天，可顯著降低貯存在0℃或1℃時之冷害；其他類似的成果可應用於檸檬、胡瓜、茄子、南瓜、木瓜等，詳見Wang (1990)的報告。此種溫度預措造成生理反應增加非飽和脂肪酸，醣類和澱粉之含量，減少植株代謝物或電解質之滲出量等，皆顯示對耐冷性有正面的助益。

(7)施用化學物

一些化學物處理可減少果實低溫儲藏所造成之傷害。已有很多報告顯示鈣離子可降低冷害。例如利用真空透過方法處理使1 - 5 %鈣離子透入酪梨，可降低隨後低溫貯藏的傷害，蘋果用鈣離子處理亦有相似的優點。桃或秋葵亦可因鈣離子之前處理，達到減輕低溫貯藏的冷害之效果。但某些研究顯示，鈣離子處理對冷害之減輕並無減輕效果，如葡萄柚、番茄、木瓜等都有失敗的例子。因為鈣離子之效果可能因果實之種類、使用之濃度而對耐冷有不同之效果(Wang，1990)。一些抗氧化劑(antioxidant)或自由基之清除劑(free radical scavenger)可減輕冷害之程度，如ethoxyquin或sodium benzoate處理對蘋果和梨可減輕因低溫造成之傷害。一般化學物之處理對冷害之耐性改變，因作物之種類、使用時之化學劑狀況、施用濃度等可能有不同程度之效果，且種類繁多，Wang (1990)有詳細之敘述，現將其重要者及最近的研究成果整理列於表八。

表八 主要化學劑對作物耐冷性之增強

化學物	生理特性	作物種類
鈣離子	增加膜之穩定性	酪梨、蘋果、桃、秋葵
Ethoxyquin, Sadium benzoate	抗氧化劑、自由基清除劑	蘋果、胡瓜、甜椒、梨
Tricizole uniconazole	phospholipid	番茄幼苗
Ethanolamine Choline chloride	改變膜上 phóspholipid 組成	番茄幼苗、胡瓜幼苗
Dimethylpolysiloxane 紅花油(sufflower oil) 礦物油 抗蒸散劑(antitranspiants)	減低水分散失	香蕉、葡萄柚、棉花幼苗
Mefluidide		玉米、水稻、番茄

(資料來源：Wang, 1990)

在低溫情況下，各種植物荷爾蒙間之平衡或量之變化和植物對環境之逆境反應有密切之關係。植物荷爾蒙中，離層酸、乙烯，其他可能之荷爾蒙如多元胺、Jasmonate和低溫逆境之調節影響最大。其他荷爾蒙如Auxin、GAs在某些研究結果中，亦能顯示對耐冷性之改變。此處必須強調，有關植物荷爾蒙之研究以及其對耐冷性效果之評估，可能因實際環境、作物種類、施用濃度、施用方法和時間等相關因素而有不同

之效果。因此在從事此方面之研究時，必須在一系列精密而周全的試驗後，再作結論較為妥當。現將植物荷爾蒙對作物耐冷性之調節有關效果列表九如下，供有關研究之參考。

表九　植物荷爾蒙處理對作物耐冷性之調節

植物荷爾蒙	生理作用	作物種類
Auxins	增加3'-5'-cyclic AMP含量，維持膜穩定性	高粱幼苗
增加ABA/GA	維持水分平衡	桃之花芽
乙烯	增加耐冷性	洋香瓜、酪梨、葡萄柚
Polyamine	穩定膜，增加耐冷性	Zucchini squash、菜豆、柑橘、水稻幼苗、小麥、苜蓿
ABA	維持水分平衡，降低冷害癥狀	葡萄柚、番茄幼苗、棉花幼苗、水稻、玉米幼苗
Jasmonate	維持水分平衡	水稻幼苗

(資料來源：Wang , 1990)

四、其他的因應策略

(一)研究方向

1.應加強對臺灣在氣候變遷下氣象災害發生趨勢方面的研究，由預估模擬研究中，推測出未來臺灣地區氣象災害發生的區域、頻度與強度等，以提供農政單位進行作物安全栽培區與安全栽培期的規劃。

2.應加強對作氣象災害的研究，包括氣象災害發生的原因、作物對各種災害的反應。例如過去本省對作物溫度災害的研究多集中於寒(霜)害，甚少進行作物高溫傷害之探討。惟在臺灣氣候變遷的預估中，至西元2050年可能上升3至4℃，導致每年作物不適溫度(氣溫35℃以上)發生的可能性增加。此趨勢是否會造成作物高溫熱害，需要立即加以評估。近年來美、日分別加強對小麥、玉米、水稻等主要作物高溫(35℃以上)傷害的研究，即是例證 (Blum, 1988; Matsui *et al.*, 1997)。

(二)檢討各作物的安全栽培期與栽培區域

中央氣象局過去曾依氣候災害發生的頻度與區域，作過類似的規劃(曾等，1984, 1986)。但至今作物的種類尤其是園藝作物已有相當的改變，應再評估與規劃各項作物的安全栽培期與安全栽培區域，提供農民參考。在未來氣候變遷下，此重新檢討的工作，尤其重要。

(三)育種改良

改善作物對於氣象災害所引起之逆境抗性是降低氣象災害最基本的方法之一。對氣候變遷這種逐漸式的氣象改變，育種改良則有相當成功的潛力。但需注意育種手段的改進程度是漸進的，也是有限的，對極端逆境仍無法克服。

作物因基因型(genotype)不同對逆境之敏感程度則有很大之差異，因此在育種上改進對逆境之適應性上有很大的空間，例如品種來自高海拔或高緯度之親緣對低溫則較不敏感而有較高之耐性。檢定和尋求及分離某些對低溫有抗性之基因，導入不耐低溫之品系內，可改進作物品種對低溫之耐性。傳統

之育種程序與遺傳工程之技術相互配合當可育成耐逆境之品種，為改進逆境耐性之最佳途徑。例如臺灣之水稻育種選拔中，已將幼苗期之耐冷性列為選拔項目之一，且得到良好之成效。除水稻外，其他作物有番茄、棉花、玉米、高粱、胡瓜、大豆、香蕉、酪梨等品種間對低溫之敏感性亦有很大的差異。許多作物已用育種方法可改進其對低溫之適應性，如番茄、玉米、胡瓜等。但是在育種工作上由於低溫敏感性是由一群基因控制，不易一次全部轉移這些基因，技術上相當困難。另外一個困擾的問題是一些主要作物沒有可增加耐低溫性之互補系(compatible line)。遺傳工程是另一個可將耐性基因導入較敏感之品種可能技術，如可增進轉移技術和成功之基因表現，是今後努力之方向(Blum,1988; Patterson and Reid, 1990)。於此建議育種策略為：

1.由現有國內外品種中直接進行選種

亦即由現行國內外的品種變異中，選拔具有逆境耐性強的品種，此手段的速度較快。

2. 儘早實施雜交(甚至生物技術)育種計畫，引進更佳的抗性變異

長期而言，需要實施完整的育種計畫，以耐性種源收集、雜交，甚至基因工程等方法創造更大的抗性基因組合，並能持續的改良耐性。由於各種逆境的發生有其地域性，需評估「區域性選拔育種」的必要性。

(四)組成合作團隊

以策略而言，此點可能是最重要的，上述任何一項方式皆非單一研究單位來達成。若再考慮「氣候變遷」因子，則參與的科技層面更廣，主其事者應儘早規劃合作密切、有工作能力與效力的工作團隊，來執行各項策略，始能有成功的可能。一如全球氣候變遷是整體性的，吾人的因應對策與執行也必需是整體性的。

陸、結　語

自然災害是一種無法避免的災害，但是如何減少災害所帶來的損失則是可行的。減少災害的發生，分為事前的預防與事後的補救二方面。事前的預防有賴於氣象資訊之收集、分析、研判及推測。由本省過去四十多年來的氣象資料，目前大概可以預測一些自然災害的發生時間、頻度及強度，但其準確度尚不足，其原因主要係過去農業氣象資料收集有限，且儀器設備有限，誤差較大。目前電子儀器發展迅速，一些預測儀器應運而生，氣象單位應有計劃地利用精密儀器預測，收集氣象資料並能迅速發佈，加強農民對異常氣象變化的警覺性。農政單位對即將來臨之氣象災害宜提出適當的預防措施，以減少農民的損失。

解決農業氣象災害之策略除了要有事前預防外，事後補救工作亦相當重要，以使災害所帶來的損失減至最低。短期而言，應成立災害小組，集合當地農民力量搶救作物。長期而言，應協助農民重建農地，補助各種救災貸款，使能早日恢復農作物之生產力。當然，耐性作物之培育、作物適時適地栽培、興建各種栽培防災設施及維護措施於平時即應積極進行。由於作物生產力取決於良好之生長環境，換言之良好之氣候為首要條件，災害性氣候對作物只有造成傷害。目前全球氣候變遷中，災害性天氣之發生時有所聞，不但對人類生活帶來極大災難，對作物生長亦帶來極大的損失，因此在探討全球氣候變遷時，對災害性天氣所帶來之問題必須加以正視，往往短暫性災變會帶給人們無限的災難。

柒、引用文獻

臺灣省政府農林廳. 1995. 農藝作物損失率基準參考手冊. 臺灣省政府農林廳. 南投.

臺灣農業年報. 1983-1996. 臺灣省政府農林

廳. 台中臺灣.

臺灣農業年報. 1997. 臺灣省政府農林廳. 台中臺灣.

朱鈞. 1997. 作物冷害時之生理反應. 果樹天然災害預防及復育手冊. p.1-26. 臺灣省台中區農業改良場特刊第39號. 台中區農業改良場. 彰化.

李炳和. 1996. 臺灣地區農作物風害與其因應對策略之建議. 臺灣農業32：37-47.

李超運. 1995. 氣象因子對花蓮地區八十三年第二期作水稻生育與產量之影響. 中華農業氣象2：129-134.

林孟輝　張學琨. 1996. 北部沿海地區季節風對水稻產量及品質之影響. p.298-312. 楊純明主編. 農業氣象、空氣污染與酸雨對農業生產影響及因應措施. 臺灣省農業試驗所出版, 台中縣霧峰鄉.

林孟輝　黃振增　陳素娥　林芳洲　張學琨. 1995. 桃園地區81年第二期作水稻在氣象因子影響下減產原因. 中華農業氣象2：85-91。

吳明進. 1996. 氣候變遷對臺灣氣候之影響. 氣候變遷衝擊評估與因應策略建議研討會論文集. p.1-19. 國立臺灣大學全球變遷研究中心, 行政院環境保護署, 中華民國地球科學學會編印. 台北.

邱禮弘　林國榮　黃政林. 1991. 台東地區焚風形成及其對果樹之影響. 台東改良場研究彙刊27：56-67.

真木太一. 1995. 農業氣象災害特別是風害及其防止法. 中華農業氣象2：135-147.

曾文柄　朱鈞　楊之遠. 1986. 氣象因素對臺灣地區農作安全栽培期限影響之研究. 氣象學報32：44-48。

曾文柄　朱鈞　郭文鑠　楊之遠. 1984. 臺灣地區農業氣候資源應用之研究. 中央氣象局編印. 台北市.

朝倉 正. 1990. 異常氣象與環境破壞. 讀賣科學選書31. 讀賣新聞社.

郭文鑠. 1980. 臺灣農業氣候區域觀測. p.1-54. 中央氣象局編印, 台北市.

郭文鑠　楊之遠. 1982. 颱風誘發焚風現象及其對農作物之影響. 氣象學報8：1-12.

楊之遠　張鏡湖. 1989. 臺灣地區農業氣象災害之探討. p.349-366. 臺灣地區農業氣象資料應用研討會專輯. 交通部中央氣象局. 行政院農業委會. 臺灣省政府農林廳編印. 台北, 台中.

楊之遠. 1979. 臺灣地區霜日頻度與霜期分析及其在農作物霜害預防之應用. 氣象學報25：11-18。

鄭混元. 1997. 焚風對茶樹芽葉生育及製茶品質的影響. 中華農業氣象4：69-80.

Blum, A. 1988. Plant breeding for stress environment. CRC Press, Inc. Florida, U. S.A.

Matsui T., O. Kenji and T. Horie. 1997. High temperature-induced spikelet sterility of Japonica rice at flowering in relation to air temperature, humidity and wind velocity conditions. Jpn. J. Crop Sci. 66：449-455.

Patterson B. D. and M. S. Reid. 1990. Genetic and environmental influences on the expression of chilling injury. p.270. *In*: Wang, C.Y. (ed.) Chilling Injury of Horticultural Crops. CRC Press. Boca Raton, Florida. U.S.A.

Wang C. Y. (1990) Alleviation of chilling injury of horticulture crops. p.281. *In*: Wang, C. Y.(ed.) Chilling Injury of Horticultural Crops. CRC Press, Boca Raton Florida, USA.

Chapter 6 Effects of Meteorological Disaster on Crop Production in Taiwan and Prevention Strategy Against the Changing Agrometeorological Environments

Huu-Sheng Lur and Chun Chu,
Department of Agronomy, National Taiwan University
Ching-Yuh Wang and The-Ming Chu
Department of Agronomy, National Chung-Hsing University

ABSTRACT

The objectives of this chapter were firstly to review the occurrence with respect to frequency, area, and the degrees for the most serious meteorological disaster, and secondly to propose strategies for reducing or even preventing the losses in crop production. In reviewing the damages from the past 40 years, the severity of crop losses caused by agricultural meteorological disaster was typhoon, flooding, drought and low temperature in order. Typhoon almost attacks Taiwan area every year and accounts for more than 70% of the total climate damages. Under the trends of global climate changing, it is necessary to evaluate the tendency of the occurrence of these disasters at our area in the near future. Furthermore, strengthening the research teamwork, establishing warning system, planning safety cultivation period and area for cropping, and constructing strategy for reducing climate damages should be a main target at present, and in the future as well.

Key words：Flooding stress, Drought stresss, Typhoon, Chilling stress, High temperature stress, Prevention strategy.